

WILLIAM CUSTODIO

**FORÇA DE MORDIDA, CICLOS MASTIGATÓRIOS E DEFLEXÃO
MANDIBULAR EM INDIVÍDUOS COM DIFERENTES TIPOS FACIAIS**

Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia de Piracicaba da Universidade Estadual de Campinas para obtenção do título de Mestre em Clínica Odontológica – Área de Prótese Dental.

Orientadora: Profa. Dra. Renata Cunha Matheus Rodrigues Garcia

Piracicaba

2008

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA**

Bibliotecária: Marilene Girello – CRB-8ª. / 6159

C969f	<p>Custodio, William.</p> <p>Força de mordida, ciclos mastigatórios e deflexão mandibular em indivíduos com diferentes tipos faciais. / William Custodio. -- Piracicaba, SP : [s.n.], 2008.</p> <p>Orientador: Renata Cunha Matheus Rodrigues Garcia. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Odontologia de Piracicaba.</p> <p>1. Morfologia. 2. Mandíbula. 3. Cefalometria. 4. Músculos mastigatórios. I. Rodrigues Garcia, Renata Cunha Matheus. II. Del Bel Cury, Altair Antoninha. III. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Odontologia de Piracicaba. IV. Título.</p> <p style="text-align: right;">(mg/fop)</p>
-------	--

Título em Inglês: Occlusal force, masticatory cycles and mandibular flexure of subjects with different facial types

Palavras-chave em Inglês (Keywords): 1. Morphology. 2. Mandible. 3. Cephalometry. 4.

Masticatory muscles

Área de Concentração: Prótese Dental

Titulação: Mestre em Clínica Odontológica

Banca Examinadora: Renata Cunha Matheus Rodrigues Garcia, José Tadeu Tesseroli de Siqueira, Cíntia Pereira Machado Tabchoury

Data da Defesa: 20-06-2008

Programa de Pós-Graduação em Clínica Odontológica



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA



A Comissão Julgadora dos trabalhos de Defesa de Dissertação de MESTRADO, em sessão pública realizada em 20 de Junho de 2008, considerou o candidato WILLIAM CUSTODIO aprovado.

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Renata", written over a horizontal line.

PROFa. DRa. RENATA CUNHA MATHEUS RODRIGUES GARCIA

A handwritten signature in black ink, appearing to read "José", written over a horizontal line.

PROF. DR. JOSÉ TADEU TESSEROLI DE SIQUEIRA

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Cynthia", written over a horizontal line.

PROFa. DRa. CINTHIA PEREIRA MACHADO TABCHOURY

DEDICATÓRIA

A **Deus**, que em sua magnitude me guia e fortalece, mostrando que cada obstáculo da vida, na verdade é uma prova do seu amor de Pai.

A meus pais **João Aurélio Custodio** e **Arlete Fátima Cristofolletti**, por cada dia de minha vida propiciarem a realização dos meus sonhos. Tudo o que sou é um reflexo de vocês dois e de seus ensinamentos de vida e fé. Os obstáculos foram superados por vocês estarem ao meu lado incondicionalmente. Amo muito vocês!

A meu irmão **Stefan Custodio**, que com sua alegria me mostra beleza nas coisas simples da vida. Obrigado por ser o meu melhor amigo.

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

À **Profa. Dra. Renata Cunha Matheus Rodrigues Garcia**, minha orientadora, agradeço pela oportunidade de compartilhar de seus conhecimentos, pelo exemplo, pelos ensinamentos, e por propiciar meu amadurecimento científico. Minha gratidão pela disposição em me ajudar durante a realização desta pesquisa, pelas palavras de incentivo, pelas correções, e principalmente pela amizade e carinho com que sempre me tratou. Sua competência e exímia conduta ficaram marcadas nesta trajetória. A senhora faz parte da minha história de vida. Obrigado por tudo!

À **Profa. Dra. Altair Antoninha Del Bel Cury**, exemplo de competência, inteligência e caráter. Obrigado pela oportunidade de descobrir meu caminho e a mim mesmo. Minha incondicional gratidão pela confiança, carinho, ensinamentos científicos e de vida, pela atenção que sempre me dedicou no decorrer de toda minha vida profissional e em particular no desenvolvimento desta pesquisa. É e sempre será uma honra trabalhar a seu lado. Profa. Dra. Altair A. D. B. Cury, um exemplo a ser seguido!

AGRADECIMENTOS

À **Faculdade de Odontologia de Piracicaba da Universidade Estadual de Campinas**, na pessoa de seu Diretor, Prof. Dr. Francisco Haiter Neto.

Ao Coordenador dos Cursos de Pós-Graduação da Faculdade de Odontologia de Piracicaba da Universidade Estadual de Campinas, **Prof. Dr. Mario Alexandre Coelho Sinhoreti**.

À **Coordenadoria do Programa de Pós-Graduação em Clínica Odontológica** da Faculdade de Odontologia de Piracicaba, na pessoa da coordenadora, **Profa. Dra. Renata Cunha Matheus Rodrigues Garcia**.

Ao **Prof. Dr. Francisco Haiter Neto**, do Departamento de Diagnóstico Oral da Faculdade de Odontologia de Piracicaba da Universidade Estadual de Campinas, pela permissão de uso dos serviços da Clínica de Radiologia.

Ao **Prof. Dr. Jaime Aparecido Cury** do Departamento de Ciências Fisiológicas da Faculdade de Odontologia de Piracicaba da Universidade Estadual de Campinas, pela permissão de uso do Consultório Odontológico de Pesquisas Clínicas.

À **Profa. Dra. Maria Beatriz Duarte Gavião** do Departamento de Odontologia Infantil da Faculdade de Odontologia de Piracicaba da Universidade

Estadual de Campinas, pelo carinho, atenção, confiança, disposição e permissão de uso de equipamentos do Laboratório de Odontopediatria desta Instituição.

A todos os **docentes do Programa de Pós-Graduação em Clínica Odontológica** da Faculdade de Odontologia de Piracicaba, Universidade Estadual de Campinas, pelos ensinamentos e atenção.

À **CAPES**, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela concessão da bolsa de estudo – Processo número 2005/ 03383-1

Ao **CNPq**, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pelo financiamento deste estudo -Processo número 476385/2004-0.

À amiga e parceira de pesquisa **Simone Guimarães Farias Gomes**, com quem compartilhei meus medos, ansiedades, realizações e vitórias no decorrer do Curso de Mestrado. Obrigado pelos ensinamentos, confiança e carinho.

Aos amigos **Tatiana Pereira Cenci e Wander José** pelos conselhos, sugestões e de modo especial à Tatiana por me ajudar na análise estatística deste trabalho.

Aos também amigos e colegas de laboratório **Maria Áurea Feitosa Ferreira, Carolina Beraldo Meloto, Fabiana Gouveia Straioto, Frederico Silva de Freitas Fernandes, Leonardo Henrique Vadenal Panza, Lucíola Maria Rodrigues de Vasconcelos, Antonio Pedro Ricomini Filho, Priscila de Oliveira Serrano e Thaís Marques Simek Vega Gonçalves**, pela prontidão e ajuda, seja na pesquisa dividindo experiências ou com uma palavra amiga.

À Sra. **Joselena Lodi**, responsável pelo laboratório de Prótese Parcial Removível, pelos cuidados, presteza e companhia.

Aos meus avós **José Cristofolletti e Alzira Torres Cristofolletti (*in memorian*)**, exemplos de vida, de trabalho e honestidade. Vocês fazem parte do que eu sou hoje! Vó obrigado por ter me levado aos carnavais e mostrar que a vida pode ser enfrentada com alegria.

Aos meus avós **Godibert Custodio (*in memorian*) e Lázara Brill Custodio**, por tantos ensinamentos, pelo carinho extremo e por sempre me ajudarem na caminhada, mesmo que das formas mais simples, um colo, um abraço, um beijo. Vó Lázinha, te amo com tudo que sou.

A todos os meus tios, em especial à **Elzira Piovezan Custodio**, pelo carinho, dedicação e amor. Vocês tornaram a caminhada mais fácil, me fazendo crer que a família é realmente o alicerce sobre o qual devemos construir nossa vida.

A meus tios **José Assis, Carmem e Clotilde (*in memorian*)** que tanto me querem bem e acompanham meu desenvolvimento com carinho e afeto. Tia Clotilde, obrigado pelos conselhos, momentos de alegria e pela incansável ajuda sempre que precisei, olhe por mim!

Aos meus primos **Fabício, Letícia, Alexandre, André, Sérgio e Andrei** por compreender o motivo muitas vezes de minha ausência e me apoiar. Obrigado pelo carinho e atenção.

A todos os membros das famílias **Torres, Cristofoletti, Brill e Custodio**, obrigado por me aceitarem em seu meio, sinto orgulho de fazer parte desta grande comunidade fraterna.

Às amigas **Vivian, Rosana, Sueli e Liliane**, pela companhia, amizade, risadas e pela coragem em viajar de carro tendo eu como condutor.

Aos meus grandes e queridos amigos **Alex, Jeovana, Rita e Schriley** obrigado por todos os momentos de alegria, diversão, seriedade, fé e de muitos calzones também. Vocês estarão sempre guardados em meu coração. Obrigado também aos amigos do **Grupo de jovens Cristo Vivo** e da **Equipe de N.S. de Schoenstatt**, vocês foram essenciais em minha caminhada.

Às Sras. **Érica Alessandra Pinho Sinhoreti** e **Raquel Q. Marcondes Cesar Sacchi** secretária e assessora, respectivamente, da Coordenadoria Geral dos Programas de Pós-graduação da Faculdade de Odontologia de Piracicaba; ao Sr. **Emílio Carlos Salles**, secretário do Programa de Pós-graduação em Clínica Odontológica e à Sra. **Shirley Rosana Sbravatti Moreto**, secretária do Departamento de Prótese e Periodontia da Faculdade de Odontologia de Piracicaba pela atenção desde o início do curso de pós-graduação.

A todos que, de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

A busca pelo conhecimento vale mais que a prata

e o resultado da jornada mais que o ouro.

Provérbios - 3,14

RESUMO

A força de mordida pode influenciar o desenvolvimento da função mastigatória e conseqüentemente a terapêutica reabilitadora. Uma vez que a variabilidade associada a este indicador pode estar correlacionada com aspectos intrínsecos ao organismo como a morfologia facial vertical, faz-se necessário estabelecer qual a influência deste aspecto morfológico na força máxima de mordida e em respostas funcionais associadas à função muscular. Assim, a proposta deste estudo foi verificar a força máxima de mordida, os tipos de ciclos mastigatórios e a deflexão mandibular medial de indivíduos com diferentes padrões faciais verticais. Para tanto, 78 voluntários saudáveis, completamente dentados, foram classificados por meio da análise cefalométrica de Ricketts, de acordo com o tipo facial em 3 grupos: G1- Braquifacial; G2- Mesofacial; e G3- Dolicofacial. A força máxima de mordida (FMM) foi mensurada por meio de transdutores de força, posicionados na região dos primeiros molares, durante apertamento isométrico por 7 segundos. Os tipos de ciclos mastigatórios formados durante a mastigação de um material teste, foram avaliados no plano frontal por meio do método eletromagnético de registro do traçado mandibular, utilizando-se um cinesiógrafo. A deflexão mandibular medial (DMM) foi verificada por meio da análise da distância intermolar dos primeiros molares contra-laterais registrados com silicone de adição nas posições de repouso relativo, abertura e protrusão máxima. Os dados de FMM e DMM foram submetidos à análise de variância e Tukey *pos hoc* ($\alpha=0,05$). A força máxima de mordida diferiu ($P<0,0001$) entre os

três grupos, sendo que os indivíduos do G1 apresentaram a maior força de mordida, seguidos respectivamente por G2 e G3. No plano frontal foi observada uma predominância de ciclos mastigatórios tipo lágrima para G1 e do tipo hemioval nos demais grupos. A deflexão mandibular medial na abertura máxima diferiu ($P<0,0001$) entre os três grupos faciais, sendo que G1 apresentou os maiores valores, seguido respectivamente por G2 e G3. Na protrusão, a deflexão medial mandibular foi significativamente menor ($P<0,0001$) para G3, sendo que G1 e G2 não diferiram entre si. Nas condições em que este estudo foi realizado, conclui-se que a morfologia facial vertical influenciou o padrão funcional muscular, assim como a cinética do movimento mastigatório e a deflexão mandibular medial.

Palavras-chave: Morfologia craniofacial, Padrão facial, Força máxima de mordida, Cinesiografia mandibular, Deflexão mandibular medial.

ABSTRACT

Bite force can influence the development of the masticatory function and consequently the rehabilitation therapeutics. The high variability of this muscular function indicator can be associated to intrinsic aspects of the stomatognathic system such as the vertical facial morphology. However, the influence of this morphology on the maximum bite force and functional responses associated to muscular function are still not established. Thus, the purpose of this study was to verify the maximum occlusal force, the masticatory cycle patterns and the medial mandibular flexure in subjects with different facial types. Seventy-eight healthy and completely dentate subjects were classified by Rickets' cephalometric analysis in accordance to the facial type into 3 groups: G1- Brachyfacial; G2- Mesofacial; e G3- Dolichofacial. The maximum occlusal force (MOF) was measured by means of force transducers located on the first molars region, during isometric clenching for 7 seconds. The types of masticatory cycles formed during the mastication of an artificial test material were evaluated on the frontal plane by the electromagnetic jaw-tracking method, using a kinesiograph. The medial mandibular flexure (MMF) was registered with addition silicone in the maximum opening and protrusion positions. MMF was determined by analysis of the distance between the occlusal surfaces of the contralateral first molars. Data of MOF and MMF were analyzed by ANOVA followed by Tukey *pos hoc* ($\alpha = .05$). Measurements of maximum occlusal force were different ($P < .0001$) among groups, with G1 presenting the highest values, followed by G2 and G3, respectively. Considering the frontal plane, there

was a predominance of tear drop cycles for G1 and hemi-oval type from the two other groups. The medial mandibular flexure of maximum opening showed significant differences among all facial groups ($P < .0001$). The highest value occurred in G1, followed by G2 and G3, respectively. The mandibular flexure of protrusion was significantly small on G3 group ($P < .0001$), additionally there were no differences between G1 and G2. Within the conditions of this study, we concluded that vertical facial morphology influenced the muscular functional patterns as well as the masticatory movement kinetic and the medial mandibular flexure.

Key Words: Craniofacial morphology, Facial pattern, Maximum occlusal force, Mandibular kinesiography, Medial mandibular flexure.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	01
CAPÍTULO: <i>Occlusal force, masticatory cycles and mandibular flexure of subjects with different facial types</i>	06
CONCLUSÃO	26
REFERÊNCIAS	27
ANEXOS	33

INTRODUÇÃO

O tipo facial no sentido vertical é um dos parâmetros utilizados para a compreensão da influência dos aspectos morfológicos na função do sistema mastigatório. A determinação do padrão facial pode ser realizada por meio de análise cefalométrica. Esta é obtida a partir de tele-radiografia em norma lateral a fim da obtenção de medidas das estruturas craniofaciais (Bianchini, 2002).

A análise cefalométrica descreve os contornos de estruturas tegumentares e ósseas nas quais são demarcadas áreas específicas, por meio de pontos, denominados pontos cefalométricos. Estes permitem a realização de traçados de orientação que determinam ângulos e distâncias, e ao indicar as relações entre as estruturas esqueléticas do crânio, face e região cervical (Zemlin, 2000); viabilizam a comparação da configuração esquelética dos indivíduos (Athanasίου, 1995).

Na determinação do padrão facial vertical, de acordo com a análise de Ricketts, são utilizados cinco fatores craniométricos: eixo facial, altura facial antero inferior, profundidade facial, plano mandibular e arco mandibular (Bianchini, 2002). A média aritmética destes fatores descritos determina o índice Vert pelo qual são distinguidos, no sentido vertical, três padrões faciais denominados: braquifacial, mesofacial e dolicofacial.

O padrão braquifacial caracteriza-se por uma diminuição do terço inferior de face, freqüentemente associado a arcadas dentárias alargadas e músculos masseteres com alto potencial de ação. Indivíduos com padrão

mesofacial caracterizam-se por terços faciais eqüidistantes, com bom equilíbrio muscular e arcadas dentárias em forma ovalada. Ainda, a conformação esquelética do tipo dolicofacial, caracteriza-se pela maior dimensão do terço inferior da face. Também são associados a este perfil arcadas dentárias longas e estreitas, assim como os feixes da musculatura mastigatória (Bianchini, 2002).

Segundo Throckmorton *et al.*, (1980) esta variabilidade da musculatura mastigatória em função de aspectos morfológicos craniofaciais pode, em parte, ser explicada devido a diferentes características estruturais como, variações do ângulo goníaco, altura do ramo mandibular e altura maxilar. Ainda relacionado a esta variabilidade, Pereira *et al.*, (2007) verificaram que em indivíduos saudáveis, a ocorrência de overjet e diferentes inclinações mandibulares, característica envolvida na determinação dos tipos faciais verticais, foram responsáveis por 50% das variações na força máxima de mordida, sugerindo uma possível influência destes aspectos morfológicos na função muscular.

Suportando esta hipótese, Proffit *et al.*, em 1983, demonstraram que indivíduos com face alongada exibiam uma diminuição de aproximadamente 50% de sua força de mordida em comparação com indivíduos com proporções dento-esquelética eqüidistantes. Associado a este achado, Raadsher *et al.*, (1999), considerando as inclinações dos planos mandibular, oclusal e maxilar, associaram o tipo de face convergente, ou seja, a de menor dimensão vertical, os maiores valores de força máxima de mordida.

No entanto, contrapondo-se aos achados apresentados, alguns estudos (Killiaridis *et al.*, 1999; Shinkai *et al.*, 2007) não encontraram correlação entre força

máxima de mordida e morfologia facial vertical. Tal contradição pode ser o resultado de diferenças metodológicas entre os estudos como: instrumentos de avaliação utilizados, grau de abertura bucal gerado, técnica de aquisição dos dados e amostra selecionada.

A força máxima de mordida pode ser interpretada como a mensuração da eficiência da função músculo-esquelética (van den Brader *et al.*, 2004). Esta é utilizada como instrumento de avaliação da função muscular, de grande relevância científica, uma vez que representa o montante de força oclusal produzida pela musculatura mastigatória. Ainda, a força de mordida relaciona-se com os fatores fisiológicos, como a anatomia crânio-mandibular e os mecanismos de feedback neuromusculares (Proffit *et al.*, 1983; van Eijden, 1990; Bakke *et al.*, 1992), podendo, portanto estar associada à terapêutica reabilitadora protética.

Estudos como o de Raadsheer *et al.*, (1999) e Farella *et al.*, (2003) sugerem que uma vez correlacionada com a função dos músculos mastigatórios, as configurações esqueléticas faciais verticais podem influenciar nas respostas funcionais e eventos fisiológicos associados a esta musculatura, aspectos estes que também demonstram uma considerável variabilidade entre os indivíduos.

Uma das repostas funcionais é a mastigação, resultante da atividade rítmica dos músculos mastigatórios, que determina a movimentação mandibular a fim de propiciar a fragmentação mecânica dos alimentos e a formação do bolo alimentar (van der Bilt, 2002). Contudo, apesar desta constatação, são escassos na literatura estudos que apontem para influência da função muscular na trajetória

mandibular durante os ciclos mastigatórios, assim como as características cinéticas destes ciclos frente os diferentes padrões faciais.

Os achados relativos à cinética mandibular demonstram grande variação de resultados, provavelmente devido aos diferentes métodos de avaliação. Entretanto, com o desenvolvimento da cinesiografia foi possível realizar o registro da trajetória mandibular em três dimensões sem interferências (Neeman *et al.*, 1990). Esta metodologia viabilizou a classificação morfológica dos ciclos mastigatórios, determinando padrões conformacionais que ainda hoje são de interesse científico e contribuem para a melhor compreensão e avaliação da movimentação mandibular (Kuwahara *et al.*, 1992; Sato *et al.*, 1996).

Outro fenômeno fisiológico de relevância clínica, inerente à movimentação mandibular e função muscular, é a deflexão mandibular medial (Abdel Latif *et al.*, 2000). Shinkai *et al.*, em 2007, define a deflexão mandibular medial como uma deformação elástica da mandíbula, caracterizada por uma diminuição da largura do arco durante os movimentos de abertura bucal e de protrusão devido à contração dos músculos pterigóideos laterais, causando tensões nas áreas da região de sínfise mentoniana. Frente à associação deste fenômeno com a atividade muscular, era de se esperar que uma musculatura mais forte estivesse correlacionada a uma maior aproximação das hemi-arcadas mandibulares. Entretanto, estudos prévios (Canabarro *et al.*, 2003; Shinkai *et al.*, 2007) não verificaram associação entre deflexão mandibular medial e índices de força máxima de mordida, assim como não encontraram diferença significativa para estas variáveis em função dos diferentes tipos faciais no sentido vertical.

Por outro lado, alguns estudos (Hobkirk *et al.*, 1991; Chen *et al.*, 2000) revelam correlações fortes entre esta deformação elástica com componentes morfométricos envolvidos na determinação dos tipos faciais, como por exemplo, altura de sínfise mentoniana, comprimento mandibular e ângulo goníaco, estabelecendo assim uma lacuna científica.

Sendo assim, este estudo foi realizado a fim de elucidar a influência dos diferentes tipos faciais no sentido vertical na função dos músculos mastigatórios, por meio da mensuração da força máxima de mordida, assim como avaliar as implicações das diferentes morfologias faciais sobre os tipos de ciclos mastigatórios e deflexão mandibular medial, visando uma abordagem ampla que possibilite a melhor compreensão destas variáveis e sua implicação clínica.

CAPÍTULO

Occlusal force, masticatory cycles and mandibular flexure of subjects with different facial types.

William Custodio, DDS^a

Simone Guimarães Farias Gomes, DDS^a

Renata Cunha Maheus Rodrigues Garcia, PhD^b

Altair Antoninha Del Bel Cury, PhD^b

^aGraduate student

Department of Prosthodontics and Periodontology

Piracicaba Dental School, State University of Campinas

Avenida Limeira, 901; Piracicaba, São Paulo – Brazil – 13414-903

^bProfessor

Department of Prosthodontics and Periodontology

Piracicaba Dental School, State University of Campinas

Avenida Limeira, 901; Piracicaba, São Paulo – Brazil – 13414-0903.

Address of the authors:

Faculdade de Odontologia de Piracicaba – Universidade Estadual de Campinas

Avenida Limeira, nº 901, Bairro Areião, Piracicaba, São Paulo- Brazil - 13.414-903.

Corresponding author:

Dra. Renata Cunha Matheus Rodrigues Garcia

Department of Prosthodontics and Periodontology, Piracicaba Dental School

Av. Limeira, nº 901, Bairro Areião, Piracicaba, SP, Brazil, CEP: 13414-903

Phone Number: + 55 19 2106-5294; Fax number: + 55 19 2106-5211

E-mail: regarcia@fop.unicamp.com.br

* Este manuscrito foi submetido à publicação no periódico *Journal of Oral Rehabilitation*.

Abstract

The prosthetic rehabilitation is affected by the muscular function which, can be influenced by craniofacial morphology. The aim of this study was to determine whether vertical facial patterns influence the maximum occlusal force, masticatory movements during chewing as well as medial mandibular flexure. Seventy-eight dentate subjects (mean age 23.5 years) were divided into three groups (n=26) by means of cephalometric data according to Ricketts's analysis: Brachyfacial, Mesofacial and Dolichofacial. Maximum occlusal force on molar region was bilaterally measured with a force transducer. Chewing movement pattern was evaluated on frontal plane, using mandibular kinesiography. For medial mandibular flexure, impressions of the mandibular occlusal surfaces were made in rest, maximum opening and protrusion positions. After the scanning of impressions, the intermolar distance was computed, and then the medial flexure was calculated by subtracting the intermolar distance of interest from that in rest position. Statistical analysis was performed using ANOVA and Tukey's *pos hoc* test ($P < 0.05$). Maximum occlusal force was affected by vertical facial type, showing that the shorter the face, the higher the occlusal force ($P < 0.0001$). Data of medial mandibular flexure demonstrated a higher susceptibility of the brachyfacial group to this phenomenon in both positions ($P < 0.0001$). The masticatory cycle types showed no predominance among the vertical facial groups. The maximum occlusal force and medial mandibular flexure were influenced by vertical facial pattern.

Key words: Facial type, Masticatory function, Maximum occlusal force, Chewing movement patterns, Medial mandibular flexure.

Introduction

One of the functions of the prosthetic rehabilitations is to restore the masticatory function. Controlled studies (1-2) have shown that prosthetic rehabilitations can be influenced by the occlusal force. Hence, changes in size and shape of bony components of the craniofacial skeleton have been closely correlated with masticatory muscle function (3-7).

The maximum occlusal force has been widely found to vary among subjects independently of their oral condition. Morphologic factors such as gonial angle and posterior facial height have significant influences on MOF (8). Higher values of bite force were correlated with a smaller cranial base flexure, a deeper upper face, a smaller anterior and a less divergent, broader face (9). Yet, subjects with long facial type were associated with low levels of MOF and a slightly lower cross-sectional thickness of the masseter muscle (4, 6, 10-11).

Maximum occlusal bite force represents the sum of forces exerted by the stomatognathic system during maximum occlusion of teeth (12). This amount of interocclusal force reflects the number of motor units recruited and the frequency at which they fire (13). Thus the determination of individual muscle function on bases of MOF and the analysis of masticatory movements during chewing have been widely used to understand the mechanics of mastication, for the evaluation of the therapeutic effects of prosthetic rehabilitations and to provide reference values for studies on the biomechanics of prosthesis (14).

Clinicians have been interested in MOF with regard to its potential influence on the medial mandibular deflexion (MMF), once it can generate

disadaptations of dental prosthesis. Associated with muscular closing forces, MMF corresponds to the jaw elastic deformation represented by the centripetal convergence of the hemi-arcs during the movements of opening and protrusion due to contraction of the lateral pterygoid muscles (12, 15).

The maximum occlusal force can affect the medial mandibular flexure. Moreover, some characteristics such as larger mandibular length, lower gonial angle and smaller symphysis area were associated with higher values of mandibular deformation (16). However the influence of the vertical facial pattern on this elastic deformation of the jaw hasn't been assessed. Thus the elucidation of this relationship between the variables above described can probably explain the degree of susceptibility to it in clinical subjects.

As previously discussed, vertical facial type can possibly affect MOF and MMF. However, the association between these variables was not demonstrated. It could be due to the experimental models of previous studies such as sample heterogeneity, considering the sample number, age, gender and number of dental units. Thus, the aim of this study was to perform an integrated analysis of the effect of vertical facial morphology on the variables that can influence the prosthetic therapy, as muscular function evaluated by MOF, patterns of mandibular movements during chewing and MMF in a homogeneous sample of fully-dentate adults.

Materials and Methods

Participants were selected from patients and students of Dental School of Piracicaba, University of Campinas. The study population included 78 subjects (39 men and 39 women) with a mean age of 23.5 years (SD: 4.0). All of them were healthy without facial deformities. They had a complete dentition (except for missing third molars) and showed no malocclusion, no occlusal vertical dimension alteration, no history of maxillofacial surgery or mandibular injuries, no orthodontic treatment for at least 2 years prior to the study, no periodontal disease, no temporomandibular disorders and parafunctional habits. The study protocol was approved by the Ethical Committee of Dental School of Piracicaba, University of Campinas, and all participants gave written informed consent of their participation.

All subjects were submitted to anthropometric measurements. Subjects' height was measured in meters (m) with the subject in erect position without shoes, and the weight was recorded in kilograms (kg) (Mechanical anthropometric scale R110, Welmy, Santa Bárbara D'Oeste, SP, Brazil).

Vertical Facial Type

Lateral cephalograms were used for facial type determination. The subjects, covered with a lead apron, were placed in the cephalostat at a 90° position to the tube head. All cephalograms were taken by standard procedures with the same radiographic unit (Elipsopantomograph Funk X-15, Macrotec Indústria e comércio de equipamentos Ltda, São Paulo, SP, Brazil) and processed

with an automatic processor (Macrotec MX-2, Macrotec Indústria e comércio de equipamentos Ltda, São Paulo, SP, Brazil) (16).

Facial type of all volunteers was determined by using a digital cephalometric analysis (Radiocef v.4.0, Radio Memory Ltda, Belo Horizonte, MG, Brazil), which enabled skeletal type definition of each subject in a vertical direction. According to Ricketts *et al.*, (1981), the vertical facial pattern was determined by the VERT index, allowing the classification of the subjects in three groups (n=26) as follows: (1) brachyfacial (equal or above +0.5), (2) mesofacial (between -0.5 and +0.5) and (3) dolichofacial (equal or below -0.5) (17).

Maximum Occlusal Force

The bilateral maximum occlusal force was measured by a tensiometric analysis with a bite force sensor based on force sensing resistors (FSR™ no. 151 NF, Interlink Electronics, Echternach, Luxembourg) (14). The bite force sensors had a diameter of 12.7 mm and a thickness of 0.25 mm. They were protected from moisture and deformities during clenching using metal disks of 0.7 mm in diameter, held by a plastic film. Thus, the total thickness of the sensor assembly was 1.65 mm. The force applied on the sensors was amplified, converted and recorded by a special analytical equipment (Spider 8, Hottinger Baldwin Messtechnik GmbH, Darmstadt, Alemanha) (14). The uses, limitations and reliability of this method have been previously discussed and reported (14).

Each subject performed maximum clenching in the intercuspal position with the bite force sensors placed bilaterally in the first molars region, during 7 seconds. The generated load was recorded in KgF, and the sum of the maximum values from each side was considered as the maximum bilateral bite force of each subject (18).

The errors of measurement (Se) for MOF were assessed from repeated measurements on two separate occasions (m_1 , m_2) of 10 randomly selected subjects (n), using Dahlberg's (1940) formula: $Se = \sqrt{\sum(m_1 - m_2)^2 / 2n}$. The error was 3.85 KgF, approximately 9.1%.

Patterns of Masticatory Cycles

The mandibular movements were recorded and measured by the magnetic method of jaw tracking using a kinesiograph (K6-I, Myotronics-Noromed Inc., Seattle, WA, USA). The records were done on frontal plane, monitoring mandibular displacement in three dimensions that represent the components of vertical, horizontal and anteroposterior movements (19).

Each subject used an array of sensors suspended on a lightweight headgear, which is sensitive to alterations of a magnetic field. A magnet (5 x 6 x 9 mm) was fixed to the mandibular incisors at the deepest point of the fornix, adjacent to the mandibular central incisors. The software system records and

displays spatial coordinates in the frontal plane from the incisor point and reconstructs the mandibular movements.

The records were taken in a quiet, peaceful place, without external interference. The subjects were placed with the Frankfort plane parallel to the ground, with a firm headrest, and asked to chew, as habitually, 17 cubes with approximately 3.4 g of a test material (Optosil, Heraeus Kulzer, Hanau, Germany). The mandibular movements during chewing were recorded during the first 4 strokes for all groups (20). Three opening and closing path configurations in the frontal plane were distinguished during chewing: the tear-drop (Type I) characterized by a homogeneous medial deviation from maximal intercuspal position; hemi-oval (Type II) that corresponds to cycles in a predominant side of mastication and a significant distance between the opening and closing paths; and the sliver (Type III) that reflexes a predisposition to unilateral mastication without a great outlying of opening and closing trace (21).

Medial Mandibular Flexure

Impressions of the occlusal and incisal regions of the mandibular first molars of each subject were obtained by using a bite fork (George Gauge, Great Lakes Orthodontics Ltd., Tonawanda, New York, USA) as a tray for the addition silicone, a polyvinyl siloxane impression material (Flexitime, Heraeus Kulzer, Hanau, Germany). Impressions of each subject occlusion were carried out in three mandibular positions: relative rest position (minimum mouth opening for impression making), maximum opening and maximum protrusion (12).

The impressions and digital calipers with the measuring head set at a 10 mm-width were scanned at 200% magnification and 300 dpi resolution. Using the Adobe Photoshop® 4.0 software tools, anatomical reference points on the contralateral first molars were selected for the images. The intermolar linear distance was measured (Image Tool software, University of Texas Health Science Center, San Antonio, TX, USA). Previous to the intermolar measurement, each image was calibrated with the digital calipers image (10 mm-width). Intermolar distance was measured three times for each image and averaged.

MMF in maximum opening (MMFO) and protrusion (MMFP) were calculated by subtracting the intermolar distance at these respective register positions from the one on resting position (12, 22).

The reliability of the MMF measurements was determined on 10 randomly selected volunteers, by the Dahlberg's method on two sets of measurements with an interval of 14 days. The error of the individual measurements was .01 mm for MMFA and .02 mm for MMFP, approximately 5.3% and 4.9% respectively.

Statistical Analysis

Data were analyzed by the descriptive statistical method. One-way ANOVA and Tukey's *pos hoc* test were performed to compare MOF and MMF in maximum opening and maximum protrusion positions among groups, considering the vertical facial patterns. The results of kinesigraphic analyses of jaw movements during chewing were analyzed regarding their distribution frequency

among groups. All evaluations were carried out with the significance level set at $P \leq 0.05$. The data were analyzed using the SAS Systems for Windows (SAS/STAT 9.0 Software, Cary, NC, USA).

Results

Anthropometric and sample characteristics are shown on Table 1. In relation to the frequency of facial types, there was a homogeneous distribution in all groups.

Table 1. Sample characteristics on investigated groups (mean \pm SD)

	Facial Pattern			Total
	Brachyfacial (VERT>+0.5)	Mesofacial (-0.5 \leq VERT \leq +0.5)	Dolichofacial (VERT< -0.5)	
<i>Male (n)</i>	13	13	13	39
Age (years)	23.9 \pm 4.5	23.5 \pm 2.9	22.9 \pm 3.8	23.5 \pm 3.7
Height (m)	1.78 \pm 0.04	1.75 \pm 0.06	1.74 \pm 0.07	1.75 \pm 0.06
Weight (kg)	75.6 \pm 9.9	79.1 \pm 11.8	75.0 \pm 10.3	76.6 \pm 10.6
<i>Female (n)</i>	13	13	13	39
Age (years)	23.4 \pm 4.2	25.2 \pm 5.7	22.1 \pm 2.2	23.6 \pm 4.4
Height (m)	1.70 \pm 0.04	1.66 \pm 0.06	1.65 \pm 0.08	1.67 \pm 0.06
Weight (kg)	63.1 \pm 5.4	61.0 \pm 11.8	59.2 \pm 7.4	61.1 \pm 4.4
<i>Total (n)</i>	26	26	26	78
Age (years)	23.7 \pm 4.3	24.4 \pm 4.5	22.5 \pm 3.1	23.5 \pm 4.0
Height (m)	1.74 \pm 0.06	1.70 \pm 0.07	1.69 \pm 0.08	1.71 \pm 0.07
Weight (kg)	69.4 \pm 10.1	70.1 \pm 14.8	67.1 \pm 11.9	68.9 \pm 12.3

Mean values and standard deviation of MOF and MMF are presented on Table 2. The MOF results showed significant differences ($P < 0.0001$) among the 3

groups, where higher values were observed in the brachyfacial group, followed by mesofacial and dolichofacial groups.

Table 2. Maximum occlusal force (MOF), medial mandibular flexure in opening (MMFO) and protrusion (MMFP), considering facial patterns (mean \pm SD)

	Facial Pattern		
	Brachyfacial	Mesofacial	Dolichofacial
MOF (KgF)	53.5 \pm 15.6 a	39.7 \pm 16.6 b	27.8 \pm 15.2 c
MMFO (mm)	0.30 \pm 0.15 a	0.21 \pm 0.13 b	0.14 \pm 0.08 c
MMFP (mm)	0.23 \pm 0.09 a	0.19 \pm 0.12 a	0.09 \pm 0.07 b

Different lower case letters show statistical differences among facial patterns. (*t*-test, $P < 0.0001$).

Significant differences for MMF on opening and protrusion were found among facial patterns ($P < 0.0001$; Table 2), being the brachyfacial subjects with the highest values of MMF. However, on protrusion, only dolichofacial subjects differed from the other two groups ($P < 0.0001$).

Data from mandibular movements during chewing are shown on Table 3. Regarding to the frontal plane, the chewing pattern frequency of distribution showed a predominance of tear-drop (Type I) for the brachyfacial subjects. For the other groups, a higher frequency of hemi-oval cycles (Type II) occurred.

Table 3. Frequency of masticatory cycle types considering facial vertical typology

	Frontal Plane (%)		
	Type I	Type II	Type III
Brachyfacial	14 (53)	9 (35)	3 (12)
Mesofacial	8 (31)	14 (54)	4 (15)
Dolichofacial	6 (23)	12 (46)	8 (31)

Discussion

Occlusal force can be influenced by factors such as gender, age, height, weight and number of dental functional units, among several other factors (10). However, in the present study, these variables were controlled (Table 1) and it was considered that the occlusal force generated should represent the amount of muscular force assessed by the stomatognathic system objectifying to supply the necessity of it (12). The results of MOF showed that individuals with shorter faces present the highest values of maximum occlusal force. These results corroborate other findings showing association between short-face and higher MOF (5, 23).

Throckmorton *et al.*, 1980; suggested that short-faced subjects exhibit mechanical advantages regarding the elevator muscles when compared to long-faced subjects (24). For instance, maintaining the same fixed electromyographic contraction level, short-faced subjects would produce greater occlusal force (25). This can be partially explained when considering the diminishing of the gonial angle that causes a displacement of the resultant load center of the muscular vectors to a distalized portion on the dental arcs near muscular groupings, thus potentializing the occlusal force (10).

Besides, it is important to consider that the variability in craniofacial form is related to differences in masseter muscle thickness and composition. Short-faced subjects have been associated to thicker masseter muscles (27) and this condition is directly associated to higher levels of muscular force (5). In addition, once short-faced subjects presents higher proportions of type II fibers in the masseter muscles (27) and the increase of the amount and size of these fibers is associated with increased bite force average (28), this finding was expected in the present study. Additionally, the sensor assembly thickness used in this study had around 2.5 mm, therefore inducing only a small mouth opening, resulting in a lower displacement of the mandibular condyle on the articular eminence of the temporomandibular joint. This important difference when compared to the previous studies makes the evaluation of MOF possible in a reliable way and closer to the maximal intercuspal condition (14, 24).

These results support the statement that subjects with different craniofacial morphologies show neuromuscular differences (11). However, they are in contrast to a study (12) where no differences were found between the MOF levels in subjects with different facial types. This difference has probably occurred due to the methodological differences as the selected sample, location and especially the thickness of the sensors, as previously discussed.

The results of MMC showed that in frontal plane, brachyfacial individuals present a predominance of tear-drop cycles (Type I) (Table 3). These outcomes could provide evidence of cycle pattern differences in subjects with different facial types, once the individuals with shorter face demonstrated a higher frequency of

homogeneous movements than the long faced ones. In literature, it is reported (29, 30) that the higher muscular force is associated to an increase in the neuro-motor coordination. As a consequence, lower susceptibility to significant variations on horizontal (closing phase) and vertical (opening phase) kinetics components of the masticatory cycles were shown, determining simple trajectories of the mandibular movements, explaining the findings. Yet, in agreement with the concept that the more repetitive and simpler the mandibular movements during mastication, the more effective the handling of masticatory bolus (31), the results of this study allow us to suggest that short faced individuals present better masticatory ability of mixing food (31, 32).

Brachyfacial subjects showed higher values of mandibular medial flexure when compared to short and medial-faced subjects. This result is in agreement with Chen *et al.* (16) that found association between greater MMF and short-faced subjects. These differences among facial types can be associated with the muscular force, suggesting that MOF is directly correlated to higher MMF on the different jaw positions assumed during masticatory movements, as previously suggested (15).

Considering the effect of the vertical facial morphology on MMF, it should be considered in the decision-making processes of prosthetic treatment. Once that this temporary morphologic alteration of the osseous remainder may generate prosthesis disadaptations and discomfort during the masticatory function (14, 33).

It is important to note that the results of our study support the statement made by Farella *et al.*, that subjects with different craniofacial morphologies show

neuromuscular differences (11). However, they are in contrast to a previous study from Shinkai, *et al.* (12) where no differences were found between the MOF levels in subjects with different facial types. This difference has probably occurred due to the methodological differences as previously discussed.

The findings of this research demonstrate that differences in MOF, MMC, and MMF are observed in different facial patterns. Individuals with lower craniofacial dimension present greater bite inter-occlusal force, trend of masticatory cycles with simple and equilibrated trajectory and higher values of medial mandibular deflection. However, future studies are necessary in order to verify the possible physiologic mechanisms involved in this complex relationship between functional responses of the stomatognathic system and the morphologic craniofacial factors, as well as the reproducibility of the observed effect in subjects with temporomandibular joint disorders. Additionally, within the limits of this study, it can be concluded that the vertical facial morphology affected the maximum occlusal force, the trajectory of the mandibular movements during chewing and the medial mandibular flexure.

Acknowledgements

The authors are especially grateful to Dr. Francisco Haiter Neto; Dr. Jaime Aparecido Cury and Dra. Maria Beatriz Duarte Gavião for their assistance. This research was supported by National Council for Scientific and Technological Development - CNPq (no. 476385/2004-0).

References

1. Lobezzo F, Browers JEIG, Cune MS, Naeije M. Dental implants in patients with bruxing habits. *J Oral Rehabil.* 2006; 33: 152-159
2. Beyli MS, von Fraunhofer JA. An analysis of causes of fracture of acrylic resin dentures. *J Prosthet Dent.* 1981; 46: 238–241
3. Bakke M, Michler L. Temporalis and masseter muscle activity in patients with anterior open bite and craniomandibular disorders. *Scand J Dent Res.* 1991; 99: 219-228
4. Raadsheer MC, Kiliaridis S, van Eijden TMGJ, van Ginkel FC, Prahl-Andersen B. Masseter muscle thickness in growing individuals and its relation to facial morphology. *Arch Oral Biol.* 1996; 41: 323-332
5. Raadsheer MC, van Eijden TMGJ, van Ginkel FC, Prahl-Andersen B. Contribution of jaw muscle size and craniofacial morphology to human bite force magnitude. *J Dent Res.* 1999; 78: 31-42
6. Sonnesen L, Bakke M, Solow B. Temporomandibular disorders in relation to craniofacial dimensions, head posture and bite force in children selected for orthodontic treatment. *Eur J Orthod.* 2001; 23: 179-192
7. Ueda HM, Ishizuka Y, Miyamoto K, Morimoto N, Tanne K. Relationship between masticatory muscle activity and vertical craniofacial morphology. *Angle Orthod.* 1998; 68: 233-238

8. Sonnensen L, Bakke M. Molar bite force in relation to occlusion, craniofacial dimensions and head posture in pre-orthodontic children. *Eur J Orthod.* 2005; 27: 58-63
9. Ingervall B, Helkimo E. Masticatory muscle force and facial morphology in man. *Arch Oral Biol.* 1978; 23: 203-206
10. Sondang P, Kumagai H, Tanaka E, Ozaki H, Nikawa H, Tanne K, et al. Correlation between maximum bite force and craniofacial morphology of young adults in Indonesia. *J Oral Rehabil.* 2003; 30: 1109-1117
11. Farella M, Bakke M, Michelotti A, Rapuano A, Martina R. Masseter thickness, endurance and exercise-induced pain in subjects with different vertical craniofacial morphology. *Eur J Oral Sci.* 2003; 111: 183-188
12. Shinkai RS, Lazzari FL, Canabarro SA, Gomes M, Grossi ML, Hirakata LM, et al. Maximum occlusal force and medial mandibular flexure in relation to vertical facial pattern: a cross- sectional study. *Hade Face Med.* 2007; 3: 1-6
13. Fogle LL, Glaros AG. Contributions of facial morphology, age and gender to EMG activity under biting and resting conditions: a canonical correlation analysis. *J Dent Res.* 1995; 74: 1496-1500
14. Fernandes CP, Glantz POJ, Svensson SA, Bergmark A. A novel sensor for bite force determinations. *Dent Mater.* 2003; 19: 118-126
15. Abdel-Latif HH, Hobkirk JA, Kelleway JP. Functional mandibular deformation in edentulous subjects treated with dental implants. *Int J Prosthodont.* 2000; 13: 513-519

16. Chen DC, Lai YL, Chi LY, Lee SY. Contributing factors of mandibular deformation during mouth opening. *J Dent.* 2000; 28: 583-588
17. Ricketts RM. Perspective in the clinical application of cephalometrics. The first fifty years. *Angle Orthod.* 1981; 51: 115-150
18. van den Braber W, van der Glas H, van der Bilt A, Bosman F. Masticatory function in retrognathic patients, before and after mandibular advancement surgery. *J Oral Maxillofac Surg.* 2004; 62: 549-554
19. Rizzatti A, Ceruti P, Mussano F, Erovigni F, Preti G. A new method for evaluating the closest space in dentulous and edentulous subjects: a pilot study. *Int J Prosthodont.* 2007; 20: 259-262
20. Slagter AP, Bosman F, van der Bilt, A. Comminution of two artificial test foods by dentate and edentulous subjects. *J Oral Rehabil.* 1993; 20: 159-176
21. Sato S, Nasu F, Motegi K. Analysis of kinesiograph recordings and masticatory efficiency after treatment of non-reducing disk displacement of the temporomandibular joint. *J Oral Rehabil.* 2003; 30: 708-713
22. Canabarro SA, Shinkai RS. Medial mandibular flexure and maximum occlusal force in dentate adults. *Int J Prosthodont.* 2006; 19: 177-182
23. Garcia-Morales P, Buschang PH, Throckmorton GS, English JD. Maximum bite force, muscle efficiency and mechanical advantage in children with vertical growth patterns. *Eur J Orthod.* 2003; 25: 265-272
24. Throckmorton GS, Finn RA, Bell WH. Biomechanics of differences in lower facial height. *Am J Orthod.* 1980; 77: 410-420

25. Castelo PM, Gavião MBD, Pereira LJ, Bonjardim LR. Ultrasonographic evaluation of masticatory muscles and facial dimensions in children with unilateral posterior crossbite. *Rev CEFAC*. 2007; 9: 61-71
26. Tecco S, Caputi S, Festa F. Electromyographic activity of masticatory, neck and trunk muscles of subjects with different skeletal facial morphology – a cross-sectional evaluation. *J Oral Rehabil*. 2007; 34: 478-486
27. Rowlerson A, Raoul G, Daniel Y, Close J, Maurage CA, Ferri J, *et al*. Fiber-type differences in masseter muscle associated with different facial morphologies. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2005; 46: 127-137
28. Waltimo A, Kononen M. A novel bite force recorder and maximum isometric bite force values for healthy young adults. *Scand J Dent Res*. 1993; 101: 171-175
29. Karlsson S, Persson M, Carlsson GE. Mandibular movement and velocity in relation to state of dentition and age. *J Oral Rehabil*. 1991; 18: 1–8
30. Ow RKK, Carlsson GE, Karlsson S. Relationship of masticatory mandibular movements to masticatory performance of dentate adults: a method study. *J Oral Rehabil*. 1998; 25: 821–829
31. Yamashita S, Hatch JP, Rugh JD. Does chewing performance depend upon a specific masticatory pattern? *J Oral Rehabil*. 1999; 26: 547-553
32. Yoshida E, Fueki K, Igarashi Y. Association between food mixing ability and mandibular movements during chewing of a wax cube. *J Oral Rehabil*. 2007; 34: 791-799

33. Koriath TWP, Hannam AG. Deformation of the human mandible during simulated tooth clenching. J Dent Res. 1994; 73: 56-66

CONCLUSÃO

Assim, conclui-se que a morfologia vertical da face influencia variáveis associadas à função mastigatória como a força máxima de mordida, a movimentação mandibular durante a mastigação, assim como a deflexão mandibular medial. Devendo, portanto ser considerada durante o exame clínico dos indivíduos, a fim de propiciar um conhecimento mais abrangente das características que podem interferir na terapêutica reabilitadora, propiciando um preciso diagnóstico, eficaz planejamento e a determinação de um prognóstico favorável.

REFERÊNCIAS

1. Abdel-Latif HH, Hobkirk JA, Kelleway JP. Functional mandibular deformation in edentulous subjects treated with dental implants. *Int J Prosthodont*. 2000;13(6):513-519.
2. Athanasiou AE. *Orthodontic Cephalometry*. London: Mosby-Wolfe. 1995.
3. Bakke M, Michler L. Temporalis and masseter muscle activity in patients with anterior open bite and craniomandibular disorders. *Scand J Dent Res*. 1991;99(3):219-228.
4. Beyli MS, von Fraunhofer JA. An analysis of causes of fracture of acrylic resin dentures. *J Prosthet Dent*. 1981;46(3):238–241.
5. Bianchini E. *A cefalometria nas alterações miofuncionais orais: diagnóstico e tratamento fonoaudiológico*. 5. ed. São Paulo: Pró-Fono. 2002.
6. Canabarro SA, Shinkai RS. Medial mandibular flexure and maximum occlusal force in dentate adults. *Int J Prosthodont*. 2006;19(2):177-182.
7. Castelo PM, Gavião MBD, Pereira LJ, Bonjardim LR. Ultrasonographic evaluation of masticatory muscles and facial dimensions in children with unilateral posterior crossbite. *Rev CEFAC*. 2007;9:61-71.
8. Chen DC, Lai YL, Chi LY, Lee SY. Contributing factors of mandibular deformation during mouth opening. *J Dent*. 2000;28(8):583-588.

9. Farella M, Bakke M, Michelotti A, Rapuano A, Martina R. Masseter thickness, endurance and exercise-induced pain in subjects with different vertical craniofacial morphology. *Eur J Oral Sci.* 2003;111(3):183-188.
10. Fernandes CP, Glantz POJ, Svensson SA, Bergmark A. A novel sensor for bite force determinations. *Dent Mater.* 2003;19(2):118-126.
11. Fogle LL, Glaros AG. Contributions of facial morphology, age and gender to EMG activity under biting and resting conditions: a canonical correlation analysis. *J Dent Res.* 1995;74(8):1496-1500.
12. Garcia-Morales P, Buschang PH, Throckmorton GS, English JD. Maximum bite force, muscle efficiency and mechanical advantage in children with vertical growth patterns. *Eur J Orthod.* 2003; 25(3):265-272.
13. Hobkirk JA, Schwab J: Mandibular deformation in subjects with osseointegrated implants. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 1991;6(3):319-328.
14. Ingervall B, Helkimo E. Masticatory muscle force and facial morphology in man. *Arch Oral Biol.* 1978;23(3):203-206.
15. Karlsson S, Persson M, Carlsson GE. Mandibular movement and velocity in relation to state of dentition and age. *J Oral Rehabil.* 1991;18(1):1–8.
16. Kiliaridis S, Kjellberg H, Wennberg B, Engstrom C. The relationship between maximal bite force, bite force endurance, and facial morphology during growth. A cross-sectional study. *Acta Odontol Scand.* 1993;51(5):323-331.
17. Koriath TWP, Hannam AG. Deformation of the human mandible during simulated tooth clenching. *J Dent Res.* 1994;73(1):56-66.

18. Kuwahara T, Miyauchi S, Maruyama T. Clinical classification of the patterns of mandibular movements during mastication of the Sirognathograph. *Int J Prosthodont.* 1992;5(2):122-129.
19. Lobezzo F, Browers JEIG, Cune MS, Naeije M. Dental implants in patients with bruxing habits. *J Oral Rehabil.* 2006;33(2):152-159.
20. Neeman H, McCall W, Plesh O, Bishop B. Analysis of jaw movements and masticatory muscle activity. *Comput Methods Programs Biomed.* 1990;31(1), 19-32.
21. Ow RKK, Carlsson GE, Karlsson S. Relationship of masticatory mandibular movements to masticatory performance of dentate adults: a method study. *J Oral Rehabil.* 1998;25(11):821–829.
22. Pereira LJ, Gavião MBD, Bonjardin LR, Castelo PM, van der Bilt A. Muscle thickness, bite force, and craniofacial dimensions in adolescents with signs and symptoms of temporomandibular dysfunction. *Eur J Orthod.* 2007;29(1):72–78.
23. Proffit WR, Fields HW, Nixon WL. Occlusal forces in normal and long face adults. *J Dent Res.* 1983;62(5):566-571.
24. Raadsheer MC, Kiliaridis S, van Eijden TMGJ, van Ginkel FC, Prah-Andersen B. Masseter muscle thickness in growing individuals and its relation to facial morphology. *Arch Oral Biol.* 1996;41(4):323-332.
25. Raadsheer M C, van Eijden T M G J, van Ginkel F C, Prah-Andersen B. Contribution of jaw muscle size and craniofacial morphology to human bite force magnitude. *J Dent Res.* 1999;78(1):31-42.

26. Ricketts RM. Perspective in the clinical application of cephalometrics. The first fifty years. *Angle Orthod.* 1981;51(2):115-150.
27. Rizzatti A, Ceruti P, Mussano F, Erovigni F, Preti G. A new method for evaluating the closest space in dentulous and edentulous subjects: a pilot study. *Int J Prosthodont.* 2007;20(3):259-262.
28. Rowlerson A, Raoul G, Daniel Y, Close J, Maurage CA, Ferri J, *et al.* Fiber-type differences in masseter muscle associated with different facial morphologies. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2005;127(1):37-46.
29. Sato S, Nasu F, Motegi K. Analysis of kinesiograph recordings and masticatory efficiency after treatment of non-reducing disk displacement of the temporomandibular joint. *J Oral Rehabil.* 2003;30(7):708–713.
30. Shinkai RS, Lazzari FL, Canabarro SA, Gomes M, Grossi ML, Hirakata LM, *et al.* Maximum occlusal force and medial mandibular flexure in relation to vertical facial pattern: a cross-sectional study. *Head Face Med.* 2007;3(-):1-6.
31. Slagter AP, Bosman F, van der Bilt, A. Comminution of two artificial test foods by dentate and edentulous subjects. *J Oral Rehabil.* 1993;20(2):159-176.
32. Sondang P, Kumagai H, Tanaka E, Ozaki H, Nikawa H, Tanne K, *et al.* Correlation between maximum bite force and craniofacial morphology of young adults in Indonesia. *J Oral Rehabil.* 2003;30(11):1109-1117.
33. Sonnensen L, Bakke M. Molar bite force in relation to occlusion, craniofacial dimensions and head posture in pre-orthodontic children. *Eur J Orthod.* 2005;27(1):58-63.

34. Sonnesen L, Bakke M, Solow B. Temporomandibular disorders in relation to craniofacial dimensions, head posture and bite force in children selected for orthodontic treatment. *Eur J Orthod.* 2001;23(2):179-192.
35. Tecco S, Caputi S, Festa F. Electromyographic activity of masticatory, neck and trunk muscles of subjects with different skeletal facial morphology – a cross-sectional evaluation. *J Oral Rehabil.* 2007;34(7):478–486.
36. Throckmorton GS, Finn RA, Bell WH. Biomechanics of differences in lower facial height. *Am J Orthod.* 1980;77(4):410–420.
37. Ueda HM, Ishizuka Y, Miyamoto K, Morimoto N, Tanne K. Relationship between masticatory muscle activity and vertical craniofacial morphology. *Angle Orthod.* 1998;68(3):233-238.
38. van den Braber W, van der Glas H, van der Bilt A, Bosman F. Masticatory function in retrognathic patients, before and after mandibular advancement surgery. *J Oral Maxillofac Surg.* 2004;62(5):549-554.
39. van Eijden TMGJ. Jaw muscle activity in relation to the direction and point of application of bite force. *J Dent Reserch.* 1990; 69(3): 901-905.
40. Waltimo A, Kononen M. A novel bite force recorder and maximum isometric bite force values for healthy young adults. *Scand J Dent Res.* 1993;101(3):171-175.
41. Yamashita S, Hatch JP, Rugh JD. Does chewing performance depend upon a specific masticatory pattern? *J Oral Rehabil.* 1999;26(7):547-553.

42. Yoshida E, Fueki K, Igarashi Y. Association between food mixing ability and mandibular movements during chewing of a wax cube. J Oral Rehabil. 2007;34(11):791-799.
43. Zemlin, WR. Princípios de Anatomia e Fisiologia em Fonoaudiologia. 4. ed. Porto Alegre: Artmed; 2000.

*De acordo com a norma da UNICAMP/FOP, baseadas na norma do International Committee of Medical Journal Editors – Grupo de Vancouver. Abreviaturas dos periódicos em conformidade com o Medline.

ANEXOS

ANEXO 1 – Certificado de Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Odontologia de Piracicaba

	COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS	
CERTIFICADO-2ª VIA		
<p>O Comitê de Ética em Pesquisa da FOP-UNICAMP certifica que o projeto de pesquisa "Influência do padrão facial na força máxima de mordida, na deflexão mandibular medial e nos movimentos mandibulares", protocolo nº 059/2004, dos pesquisadores ALTAIR ANTONINHA DEL BEL CURY, EVILIN SANCHES MORAIS, JULIANA SILVA MOURA, RENATA CUNHA MATHEUS RODRIGUES GARCIA, SIMONE GUIMARÃES FARIAS GOMES e WILLIAM CUSTODIO, satisfaz as exigências do Conselho Nacional de Saúde – Ministério da Saúde para as pesquisas em seres humanos e foi aprovado por este comitê em 06/07/2004.</p>		
<p>The Ethics Committee in Research of the School of Dentistry of Piracicaba - State University of Campinas, certify that the project "Influence of facial type on maximum bite force, medial mandibular deflexion and mandibular movements", register number 059/2004, of ALTAIR ANTONINHA DEL BEL CURY, EVILIN SANCHES MORAIS, JULIANA SILVA MOURA, RENATA CUNHA MATHEUS RODRIGUES GARCIA, SIMONE GUIMARÃES FARIAS GOMES and WILLIAM CUSTODIO, comply with the recommendations of the National Health Council – Ministry of Health of Brazil for research in human subjects and therefore was approved by this committee at 06/07/2004.</p>		
 Prof. Pablo Agustin Vargas Secretário CEP/FOP/UNICAMP	 Prof. Jacks Jorge Júnior Coordenador CEP/FOP/UNICAMP	
<p>Nota: O título do protocolo aparece como fornecido pelos pesquisadores, sem qualquer edição. Notice: The title of the project appears as provided by the authors, without editing.</p>		

ANEXO 2 – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Título da Pesquisa

Influência do padrão facial na capacidade mastigatória e comportamento muscular, ciclo mastigatório, áreas de contato oclusais funcionais e fluxo salivar.

Pesquisadoras responsáveis:

Prof^a. Dr^a. Renata Cunha Matheus Rodrigues Garcia

CD William Custodio

Objetivo

O objetivo deste trabalho é relacionar o formato do rosto com a capacidade mastigatória da pessoa pela avaliação da quantidade de saliva, pela atividade dos músculos mastigatórios, movimentos da mandíbula (queixo) durante a mastigação e pela determinação do tamanho da área dos dentes quando os mesmos se tocam.

Justificativa

A capacidade mastigatória de cada pessoa pode estar relacionada ao formato do rosto. Além disso, a quantidade de saliva, a força dos músculos da mastigação, o movimento do queixo e as áreas dos dentes que participam da mastigação podem modificar a capacidade de mastigação. Assim sendo, o objetivo desta pesquisa é verificar a influência do formato do rosto em sua capacidade de mastigação.

Procedimento

Para alcançar nosso objetivo necessitamos de sua participação. Se você decidir participar desta pesquisa, você receberá se houver necessidade os

seguintes tratamentos dentários: limpeza dos dentes e obturação daqueles que estiverem com cárie ou quebrados.

Você precisará realizar os seguintes procedimentos:

1. Coleta de saliva - A saliva será coletada 02 vezes: primeiro quando você chegar ao laboratório, e depois você será convidado a mastigar um pedaço de plástico transparente parecido com aquele usado na cozinha para cobrir comida. Depois disso, a sua saliva será novamente coletada.

2. Mastigação – Você será convidado a mastigar um pedaço de material borrachóide por 20 vezes, e depois disso este material mastigado será coletado. Você deverá repetir este procedimento por 5 vezes.

3. Avaliação dos músculos da mastigação – Primeiramente a pele de seu rosto deverá ser desengordurada passando algodão com álcool e uma pequena placa de metal será colocada sobre os músculos da mastigação usando fita adesiva. Depois disso, você deverá apertar os dentes com um pedaço de plástico transparente entre os mesmos e logo após mastigar um pedaço de material borrachóide por 4 vezes.

4. Avaliação do movimento da mandíbula (queixo)– consiste em medir o tamanho dos movimentos da mandíbula (queixo) durante a mastigação. Para tanto, você deverá mastigar pedaços de um material borrachóide e o movimento do queixo durante a mastigação será registrado em um aparelho que desenha o movimento que seu queixo realiza quando você mastiga. Será necessário que você use um aparelho na cabeça parecido com um grande par de óculos, e um pequeno ímã será colocado por alguns minutos em seus dentes inferiores. O ímã e a cola serão removidos após o teste. Durante o teste você deverá mastigar um material borrachóide 4 vezes.

5. Avaliação das áreas dos dentes que participam da mastigação – consiste em medir o quanto que os dentes se tocam quando uma pessoa mastiga qualquer alimento. Para tanto, seus dentes serão moldados quando você morder firmemente um material borrachóide.

6. Avaliação da força máxima de mordida – você será convidado a morder com a maior força possível dois sensores semelhantes a uma moeda. Devidamente preparados, os mesmos serão posicionados simultaneamente, um de cada lado da boca, na região dos dentes posteriores. Então após o sinal do operador, você morderá os mesmos constantemente até o aviso de final do teste.

7. Análise da deflexão mandibular medial – este teste consiste em medir quanto que os dois lados da mandíbula se aproximam de maneira espontânea, durante as posições de abertura de boca e de protrusão (anteriorização da mandíbula). Para tanto, seus dentes inferiores serão moldados com um material borrachóide nas seguintes posições: com a boca aberta; em repouso, com a boca entreaberta e na protrusão, ou seja, com a boca semi-aberta e com a mandíbula (queixo) anteriorizada.

Benefícios e Métodos Alternativos

Você terá o benefício de receber os exames necessários para a documentação ortodôntica (radiografias, fotos e modelos de estudo), além do tratamento odontológico se houver necessidade.

Desconforto e riscos esperados

Não haverá riscos para o voluntário.

Forma de Acompanhamento e Garantia de Esclarecimento

Você será acompanhado durante o período da pesquisa. Você tem garantia de que receberá resposta ou esclarecimento de qualquer dúvida quanto aos

procedimentos, riscos, benefícios e outros assuntos relacionados à pesquisa. Os pesquisadores responsáveis assumem o compromisso de proporcionar toda a informação obtida, e acompanharão e assistirão todos os voluntários a qualquer momento durante a mesma.

Formas de ressarcimento

Você será ressarcido de eventuais despesas com o transporte para os dias de coleta dos dados. Se você precisar tratar seus dentes, o tratamento odontológico anteriormente descrito será gratuito.

Formas de indenização

Não há danos previsíveis decorrentes desta pesquisa. Não há forma de indenizações previstas.

Garantia de Sigilo

Os pesquisadores responsáveis se comprometem a resguardar todas as informações da pesquisa, não revelando a identidade do voluntário que as originou.

Liberdade para se recusar em participar da pesquisa

A decisão de fazer parte desta pesquisa é voluntária. Você pode escolher se quer ou não participar, assim como poderá desistir de participar a qualquer momento. Caso você se recuse a participar ou se retire da pesquisa por qualquer motivo, você não sofrerá qualquer tipo de prejuízo, bem como isto não afetará seu tratamento odontológico na Faculdade de Odontologia de Piracicaba/Unicamp. Caso você aceite livremente participar desta pesquisa você deverá receber uma cópia assinada deste documento. Qualquer dúvida, por favor, comunicar-nos com a maior brevidade possível.

Tel: (19) 2106-5295 (Laboratório de Prótese Parcial Removível) / (19) 2106-5294 (Profa. Renata C.M. Rodrigues Garcia) / (19)91653582 (C.D. William Custodio).

Eu, _____
certifico que tendo lido e entendido todas as informações acima, estou de acordo com a realização do estudo e aceito participar do mesmo como voluntário.

Piracicaba, ____ de _____ de 2007.

Nome do voluntário

Assinatura do voluntário

Nome do pesquisador

Assinatura do pesquisador

Nome da testemunha

Assinatura da testemunha

1ª via: Instituição (Faculdade de Odontologia de Piracicaba-FOP/UNICAMP)

2ª via: Voluntário

A sua participação em qualquer tipo de pesquisa é voluntária. Em caso de dúvida quanto aos seus direitos, escreva para Comitê de Ética em Pesquisa da FOP-UNICAMP. Endereço: Avenida Limeira, 901. CEP: 13414-900 – Piracicaba/SP.

ANEXO 3 – Figuras

Determinação da força máxima de mordida

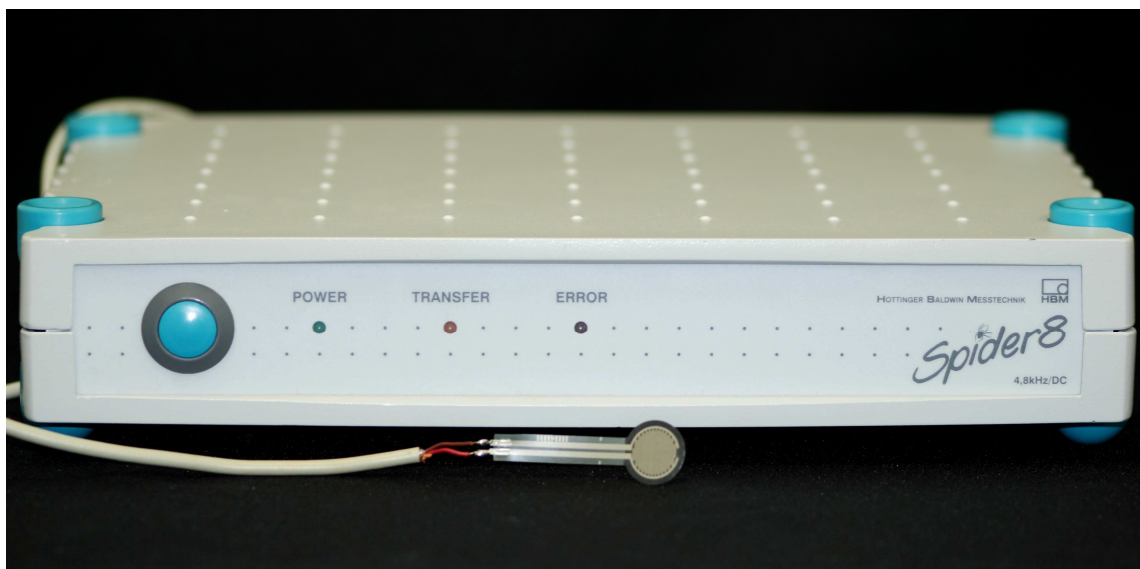


Figura 1 – Tensiômetro Spider 8 (HBM do Brasil).

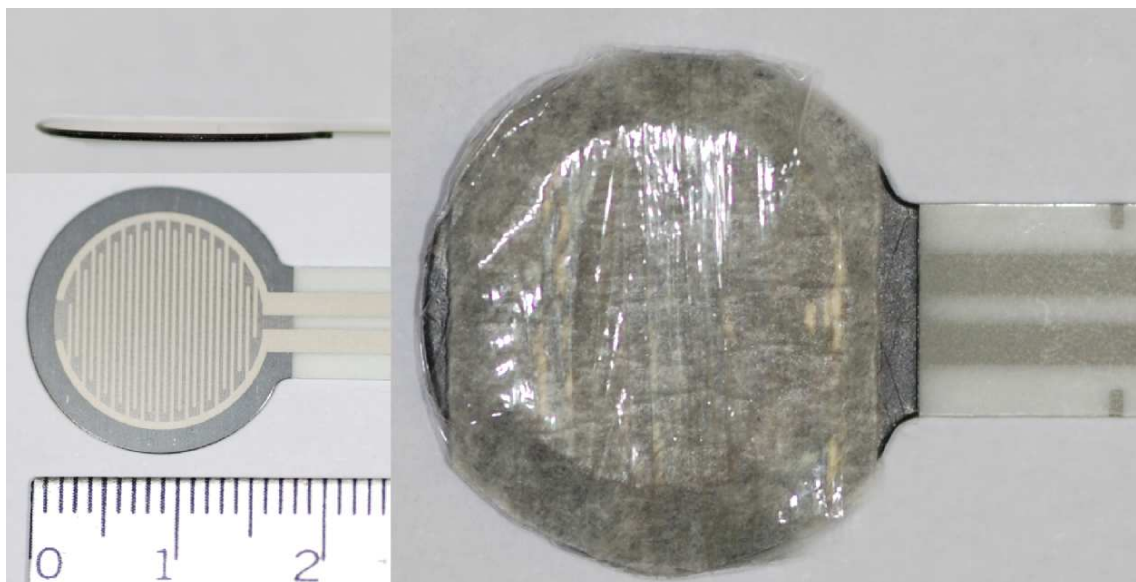


Figura 2 – Sensor FSR número 151 NF (Interlink Electronics Inc.), antes do preparo e protegido para a realização do teste.



Figura 3 – Posicionamento dos sensores na região dos primeiros molares inferiores durante a realização do teste de força máxima de mordida.

Análise dos ciclos mastigatórios



Figura 4 – Posicionamento do magneto.

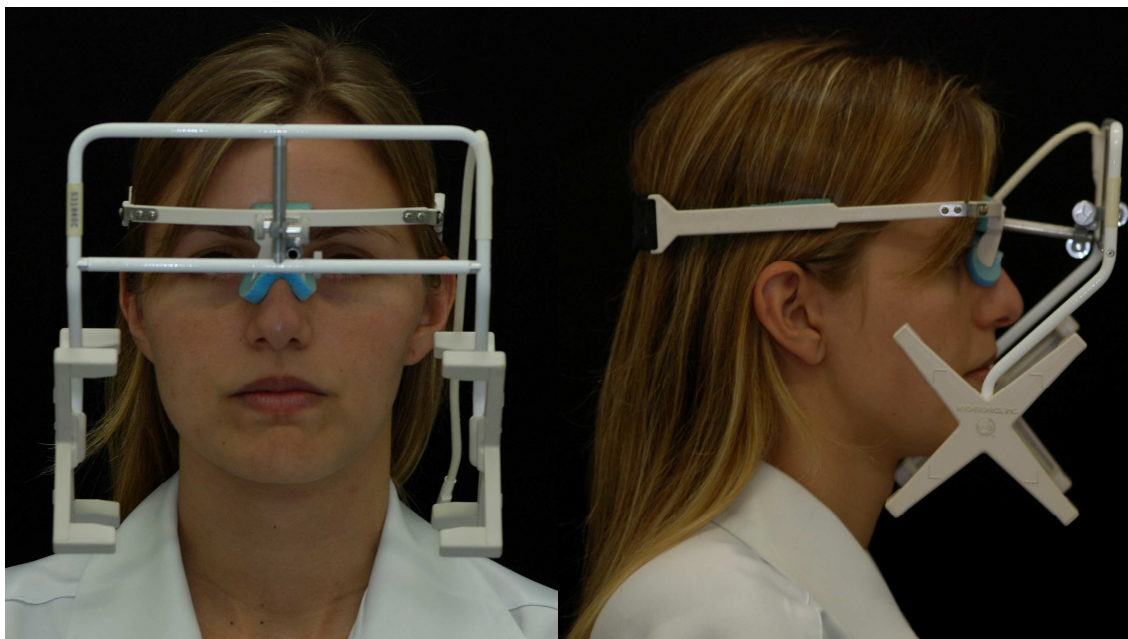


Figura 5 – Posicionamento do sistema eletromagnético – cinesiógrafo (K6-1 Evaluation System, Myotronics, Noromed).

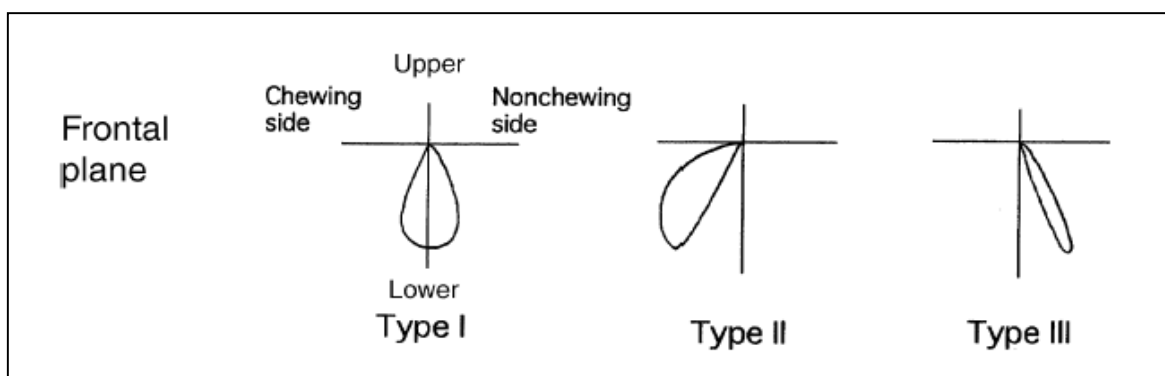


Figura 6 – Classificação dos ciclos mastigatórios no plano frontal por Sato *et al.*, 2003.

Avaliação da deflexão mandibular medial



Figura 7 – Material utilizado para registro das superfícies oclusais dos elementos dentais inferiores; silicone de adição Flexitime Trial Kit (Heraeus Kulzer, Inc.) e garfo de registro oclusal George Gauge Bite Forks (Great Lakes Orthodontics, LTD.).

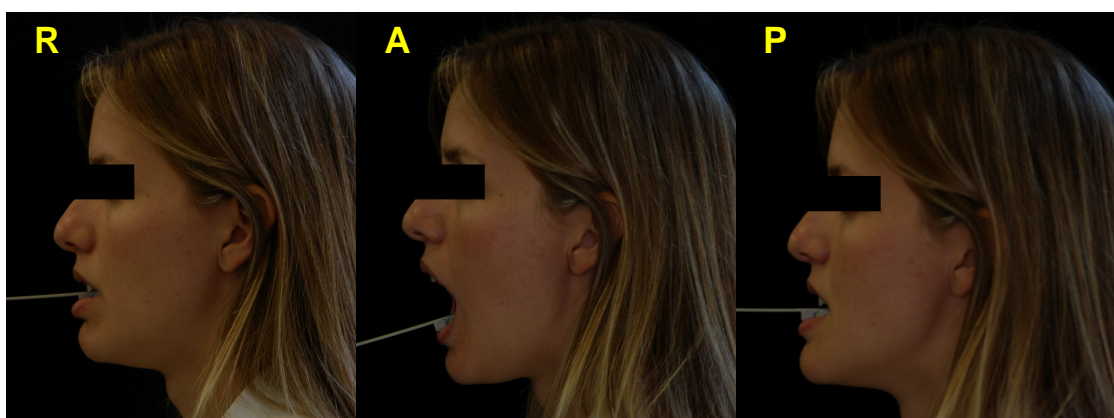


Figura 8 – Registro da superfície oclusal dos dentes inferiores nas condições de repouso relativo (R), abertura máxima (A) e protrusão (P).

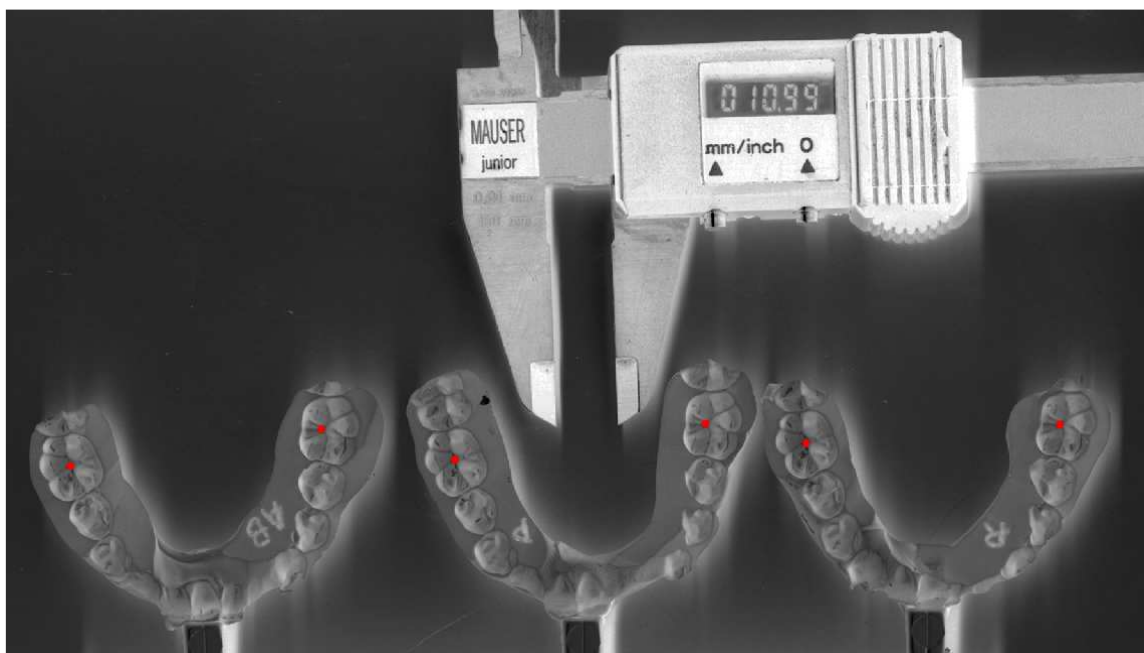


Figura 9 – Marcação dos pontos de referência na superfície oclusal dos primeiros molares contra-laterais.

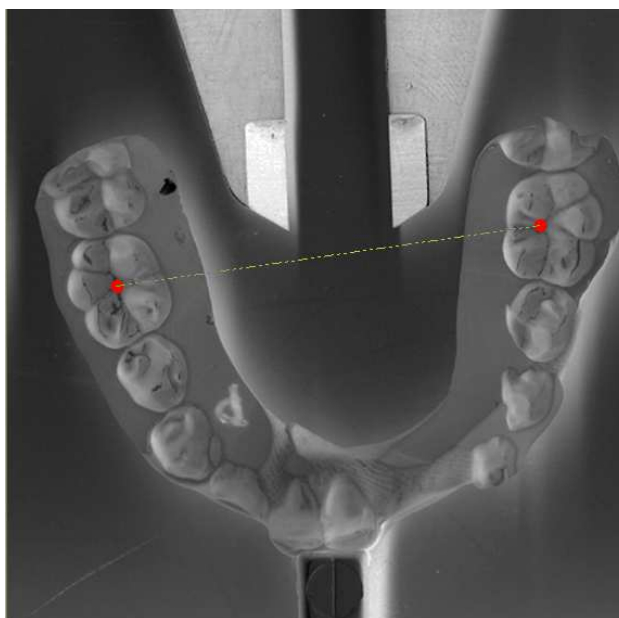


Figura 10 – Mensuração da distância inter-molar, Image Tool software (University of Texas Health Science Center at San Antonio).

ANEXO 4 – Análise Estatística

Força Máxima de Mordida

Class Level Information

Class	Levels	Values
TIPO	3	B D M

Number of observations 78

Dependent Variable: LOGFMM

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
TIPO	2	1.33632931	0.66816465	21.31	<.0001
Error	75	2.35185390	0.03135805		
Corrected Total	77	3.68818320			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	LOGFMM Mean
0.362327	11.38759	0.177082	1.555044

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for LOGFMM

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	75
Error Mean Square	0.031358
Critical Value of Studentized Range	3.38156
Minimum Significant Difference	0.1174

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	TIPO
A	1.70988	26	B
B	1.56548	26	M
C	1.38977	26	D

Deflexão Mandibular Medial na Abertura

Class Level Information

Class	Levels	Values
TIPO	3	B D M

Number of observations 78

NOTE: Due to missing values, only 77 observations can be used in this analysis.

Dependent Variable: LOGDMMA

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
TIPO	2	1.70436575	0.85218288	15.41	<.0001
Error	74	4.09281043	0.05530825		
Corrected Total	76	5.79717618			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	LOGDMMA Mean
0.293999	-31.65039	0.235177	-0.743046

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for LOGDMMA

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	74
Error Mean Square	0.055308
Critical Value of Studentized Range	3.38248

Comparisons significant at the 0.05 level are indicated by ***.

TIPO Comparison		Difference Between Means	Simultaneous 95% Confidence Limits		
B	- M	0.17595	0.01994	0.33196	***
B	- D	0.36567	0.20811	0.52323	***
M	- B	-0.17595	-0.33196	-0.01994	***
M	- D	0.18972	0.03216	0.34728	***
D	- B	-0.36567	-0.52323	-0.20811	***
D	- M	-0.18972	-0.34728	-0.03216	***

Deflexão Mandibular Medial na Protrusão

Class Level Information

Class	Levels	Values
TIPO	3	B D M
Number of observations		78

Dependent Variable: **RAIZDMMP**

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
TIPO	2	0.43544878	0.21772439	15.61	<.0001
Error	75	1.04575243	0.01394337		
Corrected Total	77	1.48120121			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	RAIZDMMP Mean
0.293984	30.28383	0.118082	0.389918

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for RAIZDMMP

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	75
Error Mean Square	0.013943
Critical Value of Studentized Range	3.38156
Minimum Significant Difference	0.0783

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	TIPO
A	0.46793	26	B
A	0.41264	26	M
B	0.28919	26	D

ANEXO 5 – Carta de Submissão



[Main Menu](#) → [Author Dashboard](#) → Submission Confirmation

You are logged in as Renat

Submission Confirmation

Thank you for submitting your manuscript to *Journal of Oral Rehabilitation*.

Manuscript ID: JOR-08-0199

Title: Occlusal force, masticatory cycles and mandibular flexure of subjects with different occlusal types

Authors: Custodio, William
Rodrigues Garcia, Renata
Gomes, Simone
Del Bel Cury, Altair

Date Submitted: 19-May-2008

 Print  Return

Manuscript Central™ v4.10 (patent #7,257,767 and #7,263,655). © ScholarOne, Inc., 2007. All Rights Reserved.
Manuscript Central is a trademark of ScholarOne, Inc. ScholarOne is a registered trademark of ScholarOne, Inc.
[Terms and Conditions of Use](#) - [ScholarOne Privacy Policy](#)